



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

TVORBA ÚČELOVÉ MAPY LOKALITY KRAVÍ HORA

CREATION OF THEMATIC MAP OF KRAVÍ HORA LOCALITY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Patrik Podolan

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR KALVODA, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

| | |
|--------------------------------|---|
| Studijní program | B3646 Geodézie a kartografie |
| Typ studijního programu | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| Studijní obor | 3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika |
| Pracoviště | Ústav geodézie |

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | |
|------------------------|---|
| Student | Patrik Podolan |
| Název | Tvorba účelové mapy lokality Kraví hora |
| Vedoucí práce | Ing. Petr Kalvoda, Ph.D. |
| Datum zadání | 30. 11. 2017 |
| Datum odevzdání | 25. 5. 2018 |

V Brně dne 30. 11. 2017

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

ČSN 01 3411. Mapy velkých měřítek: Kreslení a značky. Praha: Vydavatelství norem, 1990. 108 s.

ČSN 01 3410. Mapy velkých měřítek: Základní a účelové mapy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. 14 s.

URBAN, J. Digitální model terénu. 1.vyd. Praha: ČVUT, 1991. 60 s. ISBN 80-010-0553-4.

HUML, M; MICHAL, J. Mapování 10. dotisk 2. přeprac. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. 320 s. ISBN 978-80-01-03166-7.

Manuály a uživatelské příručky sw Atlas DMT dostupné z WWW: <http://www.atlasltd.cz/manualy.html>.

Technologický postup pro technickou nivelaci, Český úřad geodetický a kartografický, Praha 1984.

VÚGTK. Odborný slovník. Vugtk.cz [online]. © 2005-2012 [cit. 2012-1-16]. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník/>

Citační manažer Citace PRO dostupný z: <https://citace.lib.vutbr.cz/>

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Zaměřte tachymetricky danou lokalitu ve 3. třídě přesnosti dle ČSN 01 3410. Předmětem mapování jsou standardní prvky polohopisu, výškopisu a nadzemní znaky inženýrských sítí. Na základě získaných dat vypracujte účelovou mapu ve vhodném měřítku, souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Prvky obsahu mapy vyjádřete v souladu s ČSN 01 3411. Proveďte testování přesnosti dle ČSN 01 3410.

Mapu odevzdejte jak v tištěné podobě, tak elektronicky ve formátu *.dgn a *.pdf.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalárska práca sa zaoberá získavaním dát z terénu potrebných pre vytvorenie mapy a nakoniec aj vlastnou tvorbou účelovej mapy v mierke 1:500, súradnicovom systéme S-JTSK a výškovom systéme Bpv. Práca je rozdelená na dve hlavné časti a to: teoretickú časť a praktickú časť. V teoretickej časti sú popísané základné definície a informácie o danej problematike, čo je to mapa a jej delenie a teoretický popis použitých metód a postupov pre získanie dát z terénu. Praktická časť popisuje chronologický postup všetkých prác v teréne a v interiéri. Po spracovaní nameraných dát sa pristúpilo k testovaniu dosiahnutej presnosti meraní podľa normy ČSN 01 3410. Na záver sa pristúpilo k samotnej tvorbe účelovej mapy na základe daných atribútov a noriem.

KLÍČOVÁ SLOVA

účelová mapa, mapovanie, polohopis, výškopis, GNSS, polárna metóda

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with obtaining data from the terrain to create a map and also with a practical procedures of thematic map creation at a scale of 1: 500, the S-JTSK coordinate system and the Bpv elevation system. The thesis is divided into two main parts: the theoretical part and the practical part. The theoretical part describes the basic definitions and information of the assigned theme, the definition of a map and its division, and a theoretical description of methods and procedures used for obtaining data from the terrain. The practical part describes the chronological progress of all work in the terrain and interior. After the measurements, data were processed and the measurement accuracy obtained from terrain was tested according to the technical Standard ČSN 01 3410. Finally, the actual map making was based on the given attributes and standards.

KEYWORDS

thematic map, mapping, planimetry, hypsography, GNSS, polar method

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Patrik Podolan *Tvorba účelové mapy lokality Kraví hora*. Brno, 2018. 53 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 21. 5. 2018

Patrik Podolan
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Týmto by som sa chcel poďakovať svojmu školiteľovi Ing. Petrovi Kalvodovi Ph.D. za všetky cenné informácie a odborné rady. Ďalej by som sa chcel poďakovať svojim spolužiakom za pomoc pri meraní a svojej rodine za podporu popri štúdiu.

V Brně dne 21. 5. 2018

Patrik Podolan
autor práce

OBSAH

| | |
|---|----|
| ÚVOD..... | 10 |
| 1 LOKALITA..... | 11 |
| 1.1 Popis lokality..... | 11 |
| 1.2 História a vznik | 12 |
| 1.3 Hvezdáreň | 13 |
| TEORETICKÁ ČASŤ | 16 |
| 2 MAPA..... | 17 |
| 2.1 Rozdelenie máp podľa rôznych kritérií..... | 17 |
| 2.2 Účelová mapa..... | 18 |
| 2.3 Vyjadrenie prvkov obsahu mapy podľa ČSN 01 3411 | 19 |
| 2.3.1 Vyjadrenie výškopisu | 19 |
| 2.3.1.1 Vrstevnice..... | 19 |
| 2.3.1.2 Výškové kóty..... | 20 |
| 2.3.1.3 Technické šrafy | 21 |
| 3 METÓDY MERANIA | 22 |
| 3.1 Meranie pomocných meračských bodov..... | 22 |
| 3.1.1 Meranie pomocou technológie GNSS | 22 |
| 3.1.2 Zhust'ovanie meračskej siete pomocou rajónu | 24 |
| 3.2 Meranie podrobných bodov | 24 |
| 3.2.1 Meranie polárnych súradníc..... | 24 |
| 3.2.2 Metóda konštrukčných omerných súradníc | 25 |
| PRAKTICKÁ ČASŤ | 26 |
| 4 PRÍPRAVNÉ PRÁCE..... | 27 |
| 4.1 Rekognoskácia | 27 |
| 4.1.1 Rekognoskácia terénu | 27 |
| 4.1.2 Rekognoskácia bodového poľa..... | 28 |
| 4.2 Použité prístroje a pomôcky..... | 28 |
| 4.2.1 Aparatúra GNSS – Trimble R4-3 | 28 |
| 4.2.2 Totálna stanica Topcon GPT 3003 N | 30 |
| 4.2.3 Ostatné pomôcky | 31 |
| 5 MERAČSKÉ PRÁCE | 32 |
| 5.1 Doplnenie meračskej siete..... | 32 |
| 5.1.1 Stabilizácia a signalizácia bodov pomocnej meračskej siete..... | 32 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.1.2 | Určenie polohy a výšky pomocných bodov technológiou GNSS..... | 33 |
| 5.1.3 | Určenie polohy a výšky pomocných bodov metódou rajónov | 34 |
| 5.2 | Podrobné meranie..... | 34 |
| 6 | SPRACOVATEĽSKÉ PRÁCE | 37 |
| 6.1 | Trimble Access..... | 37 |
| 6.2 | Geoman | 38 |
| 6.3 | Groma 12..... | 39 |
| 7 | TESTOVANIE PRESNOSTI..... | 40 |
| 7.1 | Testovanie presnosti polohových súradníc | 41 |
| 7.2 | Testovanie presnosti výšok | 42 |
| 8 | GRAFICKÉ PRÁCE | 44 |
| 8.1 | Tvorba účelovej mapy..... | 44 |
| | ZÁVER | 47 |
| | ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV | 48 |
| | ZOZNAM OBRÁZKOV A TABULIEK | 50 |
| | ZOZNAM SKRATIEK..... | 51 |
| | ZOZNAM PRÍLOH..... | 52 |

ÚVOD

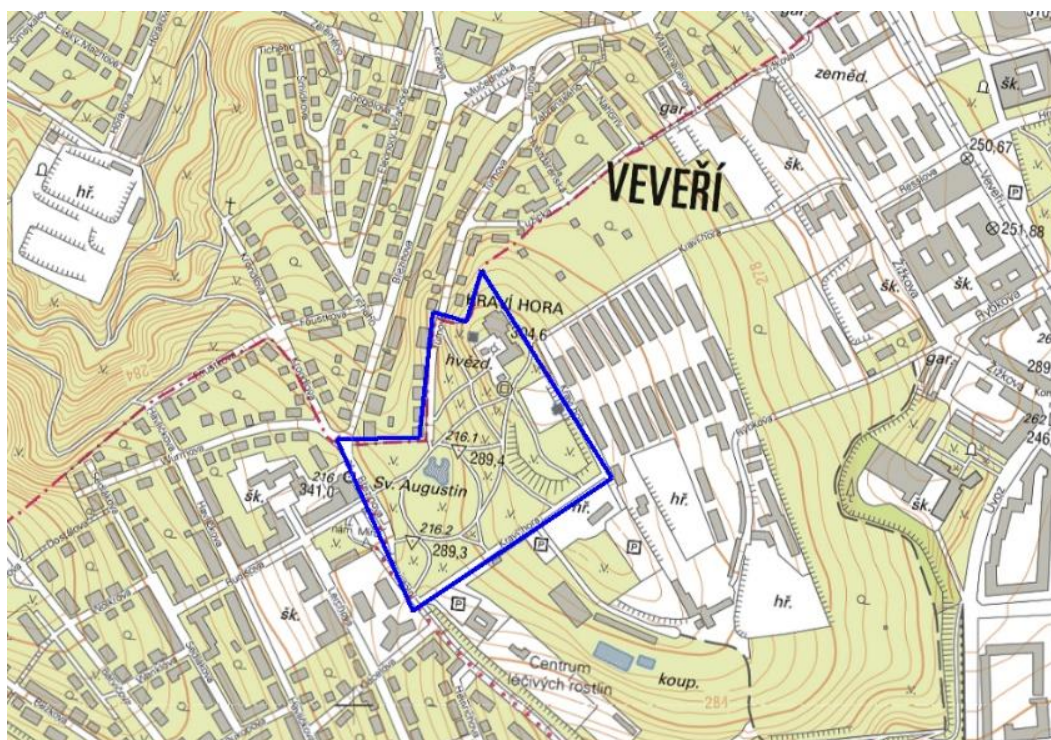
Táto bakalárska práca sa zaoberá zberom dát pre tvorbu účelovej mapy a následne aj vlastnou tvorbou účelovej mapy v lokalite Brno – Kraví Hora. Meranie sa vykonávalo pomocou prístrojov a pomôcok zapožičaných zo školského skladu. Meranie prebiehalo od októbra 2016 s prestávkami až do februára 2018. Bolo zmapované územie parku a hvezdárne s celkovou rozlohou približne 75 000 m². Následne bola vyhotovená účelová mapa v mierke 1:500 v súradnicovom systéme S-JTSK a výškovom systéme Bpv. Mapa bola tvorená pre 3. triedu presnosti.

Práca je rozdelená na dve časti a to teoretickú časť a praktickú časť, a je vedená chronologicky podľa toho ako sa postupovalo pri tvorbe účelovej mapy. V teoretickej časti sú popísané informácie o lokalite, terminológia pre účelové mapovanie a získanie dát potrebných na tvorbu mapy. V praktickej časti je popísaný podrobný postup meračských prác v teréne, spracovania nameraných údajov, tvorby a vyhotovenia účelovej mapy zadanej lokality.

1 LOKALITA

1.1 Popis lokality

Lokalita Kraví Hora sa nachádza v Českej republike v meste Brno, je súčasťou mestskej časti Brno-střed, približne jeden a pol kilometra severozápadne od hradu Špilberk. Kraví hora je spojená so Žltým kopcom plytkým sedlom a patrí do Bobravskej vrchoviny. Lokalita je ohraničená ulicami Tůmova, námestím Mieru, ulicou Údolní a ulicou Kraví hora. Súčasťou je aj park s rozlohou približne 75 000 m², v ktorého blízkosti sa nachádza kostol svätého Augustína.



Obr. 1: Zadaná lokalita zvýraznená na podklade Základnej mapy ČR, [1]

1.2 História a vznik

Ľudia začali osídľovať územie Kravej hory už od doby kamennej. V tej dobe bolo návršie očami dávnych lovcov ideálne, pretože si tu budovali svoje táboriská aby mohli loviť zver, ktorá migrovala popri úvaloch. Pri tehelni na Červenom kopci sa dokonca našiel aj najstarší kamenný nástroj na Morave, ktorý bol starý viac ako 700 tisíc rokov. V mladšej dobe kamennej lovectvo postupne nahradzovalo poľnohospodárstvo a chov dobytky. Roľníci postupne obsadili veľkú časť úrodných plôch vrátane Kravej hory, ktorá v tej dobe slúžila ako strategické miesto pre domobranu. Intenzívnejšie osídľovanie Brna nastáva až od doby bronzovej. Objav sídliska z tejto doby bolo možné spozorovať pri severnom úpätí kravej hory. Toto sídlisko bolo považované za jediné z tejto doby. [2]

Svahy Kravej hory sa dostali do dnešnej podoby už začiatkom druhej svetovej vojny. V roku 1899 tu vznikla Česká technická vysoká škola Františka Jozefa v Brne, v roku 1911 sa premiestnilo sídlo na ulicu Veverí a dnes je ako Fakulta stavební Vysokého učení technického v Brne. [3]



Obr. 2: Kraví hora okolo roku 1962 [3]

1.3 Hvezdáreň

Na samom vrchu Kravej hory budovali od roku 1949 dve sedemmetrové kopule, ktoré dnes poznáme ako Hvezdáreň a planetárium Mikuláša Koperníka v Brne. Tento názov si nesie už od roku 1973 no dovtedy si zaslúžila mnoho iných názvov, ktoré sa ale veľmi nepresadili. Paradoxom je, že Mikuláš Koperník nikdy do Brna nezavítal, no hvezdáreň nesie jeho meno len vďaka jeho päťstému výročiu narodenia.[4]

Južná kupola slúžila „ľudovej astronómii“ a severná „vede“, toto rozdelenie je zachované a poznáme ho tak aj dnes. V súčasnosti sú tieto dve kupoly rozdelené medzi Hvezdáreň a Prírodovedeckú fakultu Masarykovej univerzity. Zatiaľ čo vo Hvezdárenskej kupole bol ďalekohľad zamenený za refraktor, v univerzitnej kupole sa stále nachádza jeden z ďalekohľadov, ktorý zaradujeme medzi najväčšie astronomické prístroje v Českej republike. [4]

Prvé kroky návštevníkov vo hvezdárni datujeme od roku 1953, keď ešte hvezdáreň nebola kompletne dobudovaná. Jej slávnostné otvorenie prebehlo v roku 1954 v období jesene. Hvezdáreň bola spočiatku považovaná len ako provizórna stavba, ktorá mohla byť kedykoľvek zbúraná. No podľa dokumentov na tejto stavbe sa zúčastnilo množstvo obyvateľov Brna, ktorí dobrovoľne a celkom zdarma odpracovali viac ako 50 000 pracovných hodín. [4]



Obr. 3: Hvezdáreň okolo roku 1953, [4]

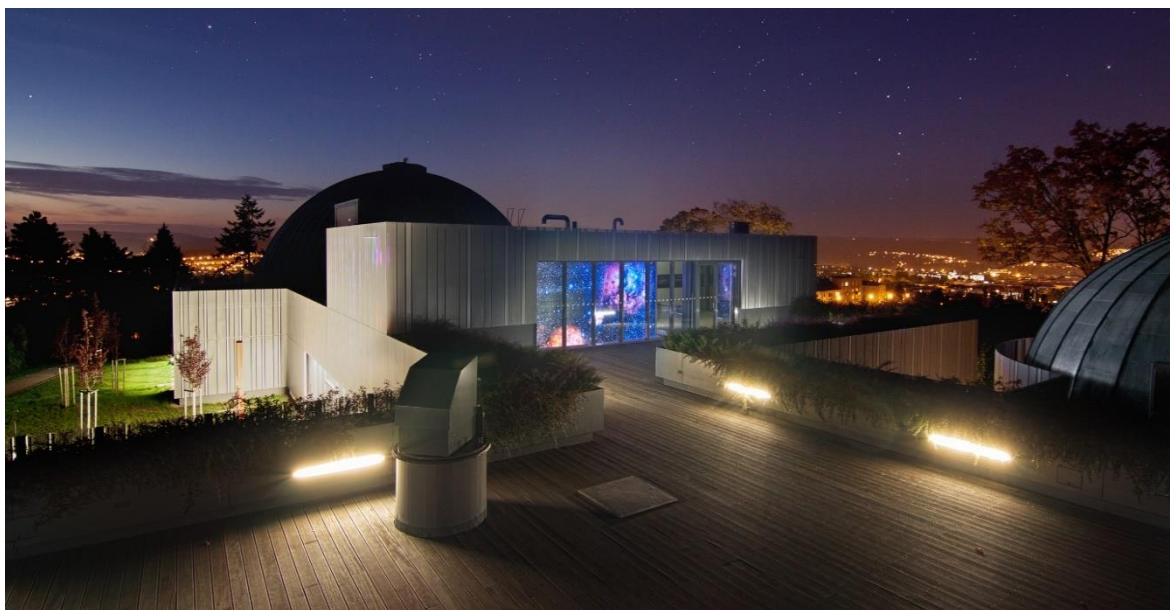
Rozhodujúcimi míľníkmi, čo sa týka návštevnosti bol rok 1954 vďaka čiastočnému zatmeniu slnka a tiež rok 1957 kedy sa podarilo vypustiť prvú umelú družicu Zeme, jej meno je Sputnik 1. Pri tejto príležitosti počas jedného večera prišlo až neskutočných 1200 zvedavcov ktorí zaplatili za vstup 1 Korunu. [4]

S pribúdajúcimi rokmi bola hvezdáreň čím ďalej zaujímavejšia pre širokú verejnosť nielen vďaka pozorovaniam, ale aj vďaka rozrastaniu sa samotného hvezdárenského areálu a planetária. Pol miliónteho návštevníka privítala už v roku 1973, v roku 2006 to bol už dva a pol milióny návštevník. A dnes ju priemerne za jeden rok navštívi vyše osemdesiat tisíc ľudí. Za posledné roky na Kravej hore bolo pozorovaných mnoho výnimočných prírodných úkazov ako napríklad pozorovanie Halleyovej kométy, kométy Hyakutake, takmer úplne zatmenie Slnka, priblíženie Marsu a prechod Venuše popred slnečný prstenec. [4]

Hvezdáreň a planetárium Mikuláša koperníka v Brne je neoddeliteľnou súčasťou Kravej hory. Vďaka existencii tohto astronomického a prírodovedeckého pozorovacieho komplexu sa predišlo zastavaniu krásneho a mohutného parku, z ktorého je za ideálnych podmienok možné pozorovať nespočet vesmírnych telies a úkazov ako sú planéty, hviezdy ba dokonca aj Mliečna dráha. [4]



Obr. 4: Podoba hvezdárne od počiatku šesťdesiatych rokov 20. storočia, [4]



Obr. 5: Podoba hvezdárne v súčasnosti, [5]

TEORETICKÁ ČASŤ

2 MAPA

Pod pojmom mapa môžeme chápať mnoho rôznych vysvetlení a definícií, ako napríklad aj definíciu:

„Mapa je zmenšený, generalizovaný, konvenčný obraz Zeme, kozmu, kozmických telies a ich častí prevedený do roviny pomocou matematicky definovaných vzťahov (kartografickým zobrazením), ukazujúci závislosti na danom účele polohu, stav a vzťahy prírodných, sociálno-ekonomických a technických objektov a javov, ktoré sú vyjadrené vizuálne znakovým systémom.“ [6]

2.1 Rozdelenie máp podľa rôznych kritérií

➤ Podľa spôsobu vyhotovenia

- Mapy pôvodné (originálne) – vznikajú spracovaním dát, získaných priamym meraním v teréne.
- Mapy odvodené – vznikajú na podklade pôvodných máp fotomechanickými metódami, spravidla v nich býva redukovaný obsah s prípadnou generalizáciou. Mierky sú spravidla menšie.
- Mapy čiastočne odvodené – vznikajú kombináciou vyššie uvedených spôsobov. Napríklad doplnením výškopisu do mapy s veľkou mierkou ktorej polohopisná časť už existuje.

➤ Podľa mierky mapy

- Podľa technicko-inžinierskeho hľadiska
 - Mapy veľkých mierok (do 1:5000)
 - Mapy stredných mierok (1:10 000 – 1:200 000)
 - Mapy malých mierok (1:200 000 a menšie)
- Podľa všeobecne-kartografického hľadiska
 - Topometrické (do mierky 1:5000, zobrazenie prvkov je prevedené s minimálnou generalizáciou a maximálnou mierou podrobnosti)
 - Podrobné topografické (od 1:10 000 do 1:50 000, tieto mapy zobrazujú veľké množstvo detailných prvkov, ale tu sa používa mierny stupeň kartografickej generalizácie.

- Prehľadné topografické (od 1:100 000 do 1:200 000, dochádza tu k podstatne vyššiemu stupňu kartografickej generalizácie, aplikuje sa tu kartografická abstrakcia)
 - Topografickochorografické (od 1:200 000 do 1:1 000 000, spolu s ďalšou poslednou skupinou máp, chorografickými mapami s mierkou menšou ako 1:1 000 000 obsahuje iba podstatné prvky a ich zovšeobecnené globálne vzťahy. Prevažne štáty, kontinenty a svet)
- Podľa kartografických vlastností
- Konformné – uhol zmeraný na mape odpovedá vždy uhlu zmeranému v skutočnosti.
 - Ekvidistantné – neskresľuje dĺžky zmerané na azimute, ktorý odpovedá typu zobrazenia
 - Ekvivalentné – plocha odmeraná na mape odpovedá ploche zmeranej v skutočnom teréne
 - Vyrovnávacie – majú eliminované čiastočné skreslenie jedného z prvkov na úkor iného prvku
- Podľa obsahu mapy
- Polohopisné mapy – obsahujú iba polohopisnú zložku mapy
 - Polohopisné a výškopisné mapy – obsahujú ako aj polohopisnú zložku, tak aj výškopisnú zložku a popis
 - Len výškopisné mapy sa používajú ako priložené mapy k mapám polohopisným [6]

2.2 Účelová mapa

Pre pojem účelová mapa donedávna platila definícia: „*Účelové mapy (tematické mapy veľkých mierok) sú mapy, ktoré obsahujú okrem prvkov základnej mapy ďalšie predmety vyšetrovania a merania pre daný účel.*“ [20], avšak dnes táto definícia už neplatí pretože účelový mapu v súčasnej podobe nemôžeme považovať za mapu základnú, ako napríklad mapy ZMVM a THM. Definícia uvedená vyššie však ešte nebola novelizovaná, tak ju môžeme považovať za jedinú dostupnú definíciu pre účelovú mapu.

Účelové mapy môžu vznikať priamym meraním, prepracovaním alebo čiastočným odvodením.

Účelové mapy môžeme deliť na:

- a) Základné účelové mapy
 - Technická mapa mesta (TMM)
 - Základná mapa závodu (ZMZ)
 - Základná mapa diaľnice (ZMD)
 - Základná mapa letiska (ZML)
 - b) Účelové mapy podzemných priestorov – sú to mapy jaskýň, podzemných chodieb s výnimkou baní, tunelov a objektov metra
 - c) Ostatné účelové mapy – sú to väčšinou mapy slúžiace pre projektové účely, prevádzkové potreby organizácií, pozemkové úpravy, lesnícke a vodohospodárske mapy, geodetickú časť dokumentácie skutočného prevedenia stavieb, mapy sídlisk a mapy slúžiace pre dokumentáciu pamiatkových objektov.
- [6]

Výsledkom tvorby účelovej mapy môže byť grafická mapa, číselná mapa alebo digitálna mapa. Voľba triedy presnosti a mierky mapy závisí od účelu, pre ktorý mapa vzniká. Tak isto aj obsah pre ktorý mapa vzniká. [6]

2.3 Vyjadrenie prvkov obsahu mapy podľa ČSN 01 3411

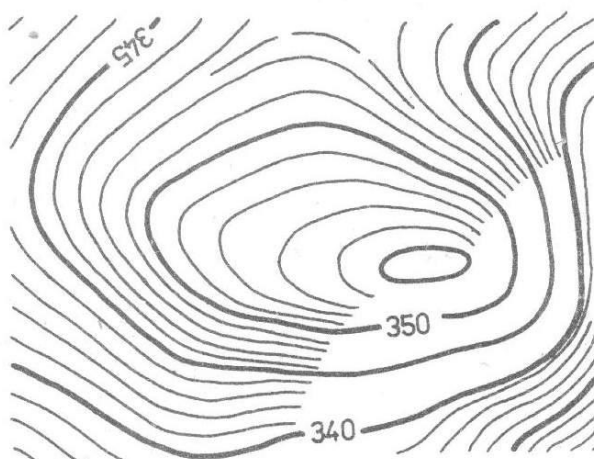
K vyjadreniu prvkov, ktoré mapa obsahuje bola použitá norma ČSN 01 3411.

2.3.1 Vyjadrenie výškopisu

„Výškopis sa zobrazuje vrstevnicami, výškovými kótami a technickými šrafami s údajmi relatívnych výšok a vyznačuje sa značkami podľa tab. 9 normy ČSN 01 3411“ [7], Tabuľka č. 9 sa nachádza v norme na stranách 38 až 40.

2.3.1.1 Vrstevnice

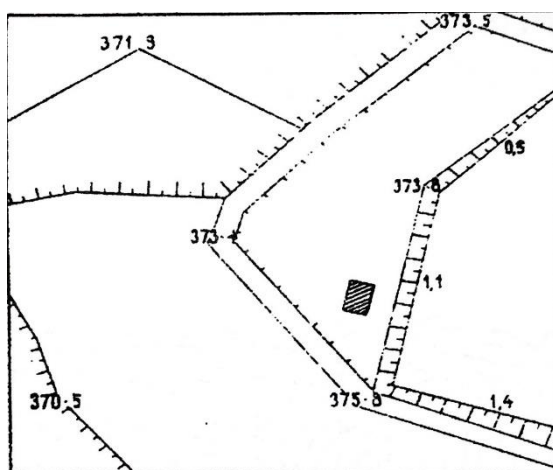
Interval základných vrstevníc sa volí spravidla 1,00 m až 0,20 m, keď majú základné vrstevnice interval 1 m, majú zdôraznené vrstevnice interval 5 m. Vo viacfarebných mapách sa vrstevnice zobrazujú hnedou farbou. Základné vrstevnice sa zobrazujú tenkou čiarou a zdôraznené hrubou čiarou. Vrstevnice sa nekreslia medzi hranicami vodnej hladiny, v skalách, cez šrafy a v mapách väčšej mierky ako 1:2000 cez budovy. [7]



Obr. 6: Znáozornenie vrstevníc, [8]

2.3.1.2 Výškové kóty

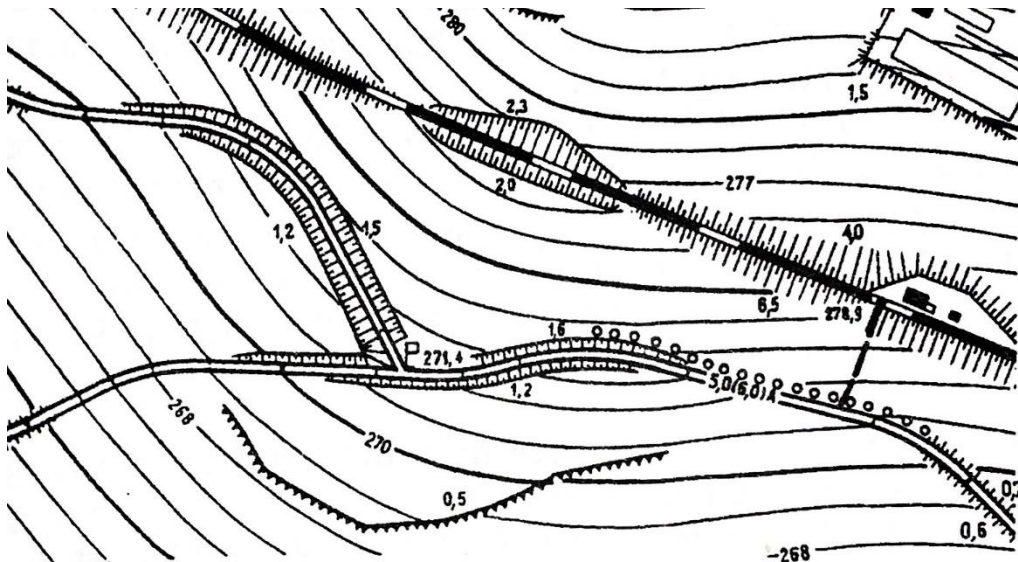
Pomocou výškových kót sprostredkovávame informácie o výškových pomeroch na mape. Výškové kóty rozdeľujeme na absolútne a relatívne, pričom absolútne určujú zvislú vzdialenosť medzi hladinovou plochou bodu a nulovou hladinovou plochou alebo nulovým horizontom. Relatívne výškové kóty určujú zvislú vzdialenosť absolútnych výšok dvoch bodov a nazýva sa aj výškový rozdiel.[9]



Obr. 7: Výškové kóty [6]

2.3.1.3 Technické šrafy

Technické šrafy sa používajú vtedy, keď nie je zaistený minimálny rozostup vrstevníc kvôli prudkému stúpaniu alebo klesaniu svahu. Šrafy slúžia na zobrazenie umelo vytvorených tvarov a stupňov prebiehajúcich súbežne s vrstevnicami. V mapách sa zobrazujú striedavo dlhšími a kratšími čiarami v smere spádu. Hrany sa kreslia hnedou farbou, keď sú vytvorené prirodzene a čiernou farbou, keď sú vytvorené umelo. Dolnú a hornú hranu označíme výškovými kótami. [9]



Obr. 8: Technické šrafy [6]

3 METÓDY MERANIA

V tejto kapitole si povieme niečo o metódach merania polohy a výšky podrobných bodov a pomocných bodov meračskej siete.

3.1 Meranie pomocných meračských bodov

Základom pre podrobné polohopisné meranie polárnou metódou sú body základného bodového poľa, ktoré však nie je tak husté, aby umožňovalo meranie všetkých podrobných bodov predmetu merania. Body základného bodového poľa je preto potrebné doplniť o body PBPP a ďalšie pomocné meračské body. Body pomocného bodového poľa sa väčšinou zameriavajú pred vlastným meraním podrobných bodov, ale môžu sa merať aj počas merania podrobných bodov, keď je to nevyhnutné pre správne zameranie všetkých podrobných bodov. Pomocné body sa volia v hustote potrebnej pre zameranie všetkých podrobných bodov a stabilizujú sa dočasne napríklad: trubkou, kolíkom alebo nastreľovacím klincom.

3.1.1 Meranie pomocou technológie GNSS

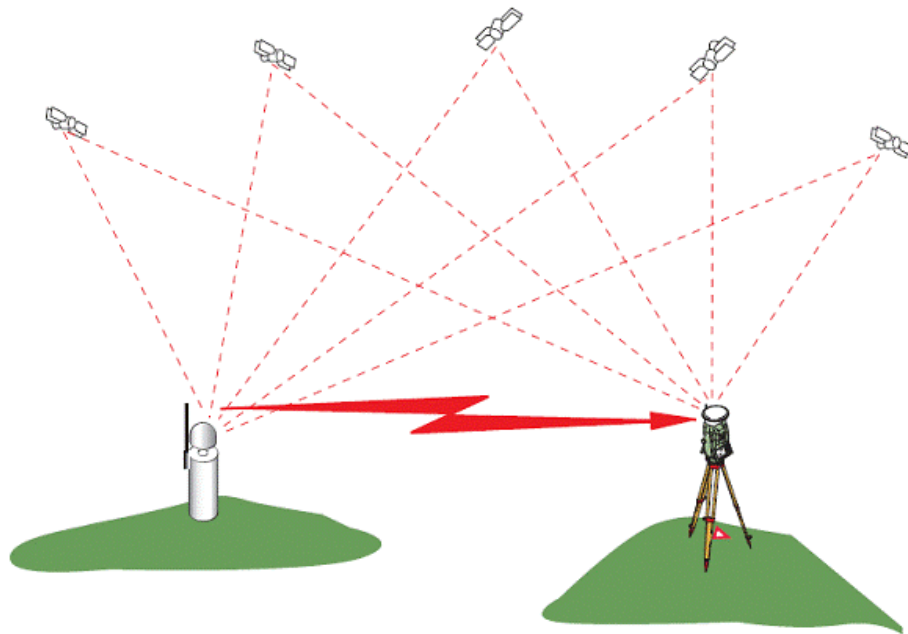
Na určenie priestorovej polohy prijímača postavenom na bode využívame meranie pseudovzdialeností medzi prijímačom a družicou. Princíp spočíva v použití dvoch vzájomne synchronizovaných frekvenčných a časových meračov, z ktorých jeden je na družici a druhý na prijímači, ktoré spolu neustále komunikujú a porovnávajú referenčný signál zhodného kódu. Korelácia týchto signálov umožňuje určiť vzájomný časový posun a pomocou toho vypočítať pseudovzdialenosť medzi prijímačom a družicou. [10]

Priestorovú polohu pomocou technológie GNSS vieme určiť spôsobom **absolútneho** určenia priestorovej polohy, a to tak, že súradnice systému WGS 84 sú určené v reálnom čase pomocou jedinej aparatury. Táto metóda sa využíva predovšetkým pri navigácii dopravných prostriedkov. Výsledná presnosť dosahuje približne 1-10 m podľa použitej služby. [10]

Pri **relatívnom** (diferenciálnom) určení priestorovej polohy dvoch bodov je potreba súčasne merať dvoma aparátúrami naraz a registrovať príjem z minimálne 4 družíc. Poloha bodu v tomto prípade sa určuje vzhľadom na referenčný bod, ktorého geocentrické súradnice poznáme. [10]

Relatívne určovanie polohy rozdeľujeme na metódy:

- statická metóda
- rýchla statická metóda
- kinematická metóda
- kinematická metóda v reálnom čase (Real Time Kinematic – RTK) [10]



Obr. 9: Princíp metódy RTK [11]

3.1.2 Zhušťovanie meračskej siete pomocou rajónu

Pod pojmom rajón rozumieme orientovanú a dĺžkovo zameranú spojnicu daného a určovaného bodu. [12] Dĺžka rajónu by nemala presiahnuť 1000 m a zároveň dĺžku najdlhšej orientácie.

Úlohou je vypočítať pravouhlé súradnice bodu P a to tak, že z daných známych bodov A,B vypočítame najprv smerník σ_{AB} , potom smerník σ_{AP} určovaného bodu. Na koniec pomocou súradnicových rozdielov dopočítame výsledné súradnice určovaného bodu. O tieto výpočty sa v dnešnej dobe stará automatizovaný softvér, v našom prípade Groma 12.

3.2 Meranie podrobných bodov

V tejto téme si povieme niečo o zameriávaní podrobných bodov potrebných pre vyhotovenie účelovej mapy.

3.2.1 Meranie polárnych súradníc

Pri zameriávaní predmetu merania polárnou metódou je poloha každého podrobného bodu určená číselne polárnymi súradnicami:

- uhlom α , ktorý je meraný na stanovisku od orientačného smeru
- dĺžkou s , od stanoviska po zameriavaný bod [13]

Vodorovné smery sa zameriavajú v prvej polohe ďalekohľadu a dĺžka sa zameriava 1 krát. Pri meraní polárnou metódou rozoznávame dva druhy stanovísk a to pevné stanovisko a prechodné (voľné) stanovisko.[13]

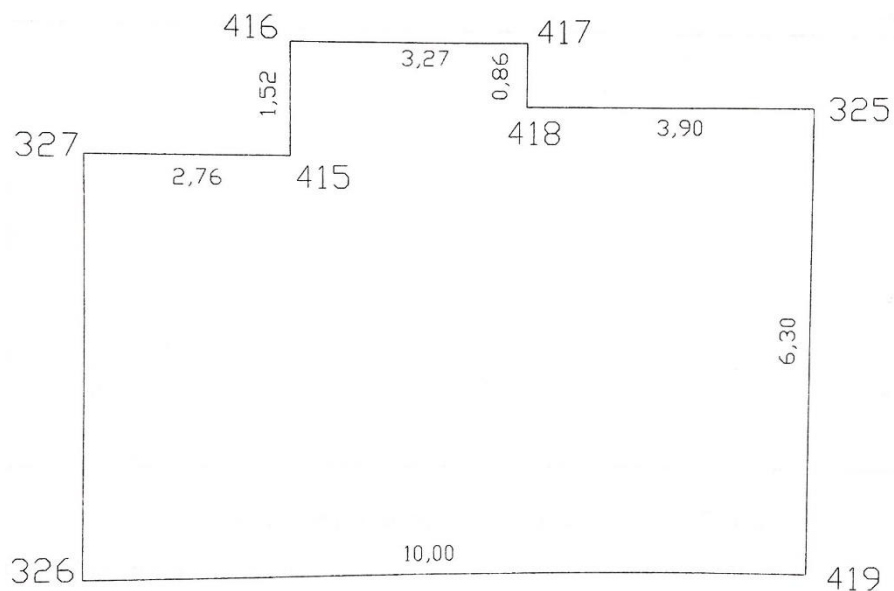
Pri meraní na **pevnom** stanovisku je stroj centrováný na bode so známymi súradnicami, orientovaný minimálne na dva body, a pritom minimálne na jeden z nich je meraná aj dĺžka s výnimkou na dva trvalo signalizované neprístupné body.

Pri **prechodnom** stanovisku je stroj centrováný na neznámy bod, a je potrebné orientovať minimálne na dva body bodových polí, na ktoré dokážeme zmerať aj dĺžku. Pri prechodnom stanovisku je uhol pretnutia orientácií v rozmedzí 30-270 gon.

3.2.2 Metóda konštrukčných omerných súradníc

Metódu konštrukčných omerných mier účelne využívame pri meraní geometricky usporiadaných členitých stavieb, kde omernými mierami v systéme staničení a kolmíc vyjadríme tvar stavby. [14]

Dané body sú vždy 2, konštrukčné omerné miery môžu mať maximálne 5 m a môže ich byť maximálne 8.



Obr. 10: Konštrukčné omerné miery [13]

PRAKTICKÁ ČASŤ

4 PRÍPRAVNÉ PRÁCE

4.1 Rekognoskácia

Rekognoskáciu definujeme ako zisťovanie stavu skutočností na mieste, kde sa majú konať geodetické práce v teréne. [15]

4.1.1 Rekognoskácia terénu

Rekognoskácia daného mapovaného územia prebehla začiatkom októbra 2016. Počas podrobnejšieho prieskumu danej lokality boli zistené všetky hranice meranej lokality. Ďalej bol zistený skutočný stav všetkých budov a objektov, ktoré sa nachádzajú v lokalite s prihliadnutím na možnosť vstupu do areálu týchto objektov pre potreby mapovania. Prístup do areálu hvezdárne nebolo potrebné žiadať, pretože celý areál je prístupný širokej verejnosti. Prístup do areálu vodárenskej spoločnosti, ktorý sa nachádza v severovýchodnej časti lokality nebol vyžiadaný, tento areál nebol predmetom mapovania.



Obr. 11: 3D snímok danej lokality [16]

4.1.2 Rekognoskácia bodového poľa

Pred začatím meračských prác je potrebné zaistiť všetky informácie o už existujúcom bodovom poli a jeho prípadnej využiteľnosti pre meračské práce a podrobné meranie. Pri rekognoskácii boli zistené súradnice zhusťovacieho bodu ZhB č. 216 (kostol Sv. Augustína) a pomocou miestopisných náčrtov boli vyhl'adané jeho zaist'ovacie body č. 216.1 a 216.2. Všetky tri body boli považované za použiteľné, ďalej bol vyhl'adaný bod PBPP č. 503, tento bod bol taktiež využiteľný pri tvorbe mapy.

4.2 Použité prístroje a pomôcky

Pred vlastným meraním bolo potrebné zapožičať si všetky prístroje a pomôcky zo školského skladu.

Zoznam prístrojov a pomôcok, ktoré boli zapožičané zo školského skladu:

- aparátúra GNSS – Trimble R4-3 (v.č. 5345446904)
- totálna stanica Topcon GPT 3003 N (v.č. 4D0505, 4D0516, 4D0513)
- odrazový hranol + tyč
- drevený statív
- pásmo
- dvojmeter

4.2.1 Aparatúra GNSS – Trimble R4-3

Aparatúrou GNSS Trimble bolo zhusťované bodové pole pred podrobným meraním. RTK systém Trimble R4 je založený na osvedčenej GPS technológii Trimble a podporuje meranie na frekvenciách L1 a L2 s možnosťou rozšírenia na GLONASS. Dvojfrekvenčná anténa so submilimetrovou stabilitou fázového centra poskytuje presné výsledky aj v náročných podmienkach. Systém je napájaný z vymeniteľnej vnútornej batérie a umožňuje až 11 hodín nepretržitej práce v teréne. Tento ľahký rover sa dá použiť pre RTK aj pre statické meranie.[17] Presnosť zostavy udávanú výrobcom môžete vidieť v tabuľke č. 1

Přesnost diferenčního kódového měření²

Poloha $\pm 0,25 \text{ m} + 1 \text{ ppm RMS}$

Výška $\pm 0,50 \text{ m} + 1 \text{ ppm RMS}$

Přesnost EGNOS korekcí³ typicky $< 5 \text{ m 3DRMS}$

Přesnost statické a rychlé statické metody GNSS²

Poloha $\pm 3 \text{ mm} + 0,1 \text{ ppm RMS}$

Výška $\pm 3,5 \text{ mm} + 0,4 \text{ ppm RMS}$

Přesnost kinematické metody²

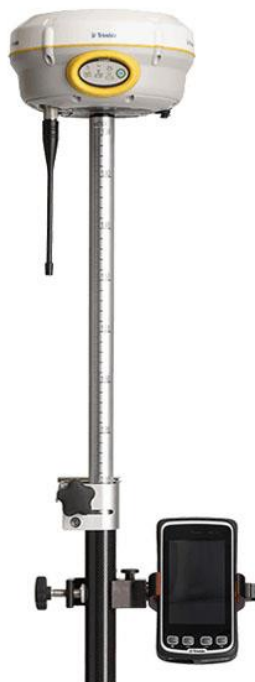
Poloha $\pm 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm RMS}$

Výška $\pm 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm RMS}$

Doba inicializace⁴ typicky $< 25 \text{ sekund}$

Spolehlivost inicializace⁵ typicky $> 99.9\%$

Tabuľka 1: Parametre udávané výrobcom [17]



Obr. 12: GNSS aparátúra Trimble R4-3 [18]

4.2.2 Totálna stanica Topcon GPT 3003 N

Celé podrobné meranie bolo vykonané pomocou totálnej stanice Topcon GPT 3003 N. Meranie pomocou tejto totálnej stanice je jednoduché a intuitívne. Presnosť udávaná výrobcom je znázornená v tabuľke č. 2



Obr. 13: Totálna stanica Topcon GPT 3003N [autor]

| DÉLKOVÉ MĚŘENÍ | | | | |
|-----------------------------|--|--------------------------|-------|--------------------------|
| Rozsah měření | (Cíl: Kodak White – matná bílá plocha) | | | |
| Bezhranolový mód GPT-3000N | 1,5 – 250 m | | | |
| Bezhranolový mód GPT-3000LN | 1,5 – 250 m, 30 – 1200 m (dlouhý dosah) | | | |
| Hranolový mód | | | | |
| Podmínky 1* (1 hranol) | 3000 m | | | |
| Přesnost měření | | | | |
| Bezhranolový mód | (Rozptylovací povrch) | | | |
| Normální mód | 1,5-25m: ±10 mm, více než 25m: ±3mm + 2ppm | | | |
| Dlouhý dosah (modely LN) | jemný ±10mm + 10ppm, hrubý ±20mm + 10ppm | | | |
| Hranolový mód | jemný ±2mm + 2ppm, hrubý ±10mm + 2ppm | | | |
| Doba měření | | | | |
| Přesný měřický mód | 1 mm: asi 1,2 sekundy (počáteční 3 sekundy) 0,2 mm: asi 3 sekundy (počáteční 4 sekundy) | | | |
| Hrubý měřický mód | 0,5 sekundy (počáteční 2,5 sekundy) | | | |
| Tracking | 0,3 sekundy (počáteční 2,5 sekundy) | | | |
| ÚHLOVÉ MĚŘENÍ | | | | |
| Metoda | Absolutní čtení | | | |
| Systém detekce | H:2 strany V:2 strany | H:2 strany V:1 strana | | H:1 strana V:1 strana |
| Minimální čtení | 1"/5" | 1"/5" | 1"/5" | 5"/10" |
| Přesnost | 2" | 3" | 5" | 7" |

Tabuľka 2: Parametre udávané výrobcom [19]

4.2.3 Ostatné pomôcky

Medzi ostatné pomôcky môžeme zaradiť odrazový hranol Topcon s hliníkovou tyčou, oceľové 30 m pásmo, drevený statív Leica, kladivo, meračské klince, drevené kolíky a dvojmeter.



Obr. 14: Odrazový hranol Topcon [autor]

5 MERAČSKÉ PRÁCE

V tejto kapitole si povieme niečo o meračských prácach a postupoch pri získavaní dát pre tvorbu mapy. Všetky meračské práce boli vykonávané od októbra 2016 do februára 2018.

5.1 Doplnenie meračskej siete

Už dostupné bodové pole bolo potrebné rozšíriť o pomocné meračské body. Všetky pomocné meračské body boli volené tak, aby na seba nadväzovali obojsmerne a aby z každého takéhoto stanoviska bola možnosť namerať čo najväčší počet podrobných bodov, a zároveň aby každý bod mal minimálne 2 orientácie. Do meračskej siete bolo doplnených celkovo 32 pomocných meračských bodov.

5.1.1 Stabilizácia a signalizácia bodov pomocnej meračskej siete

Všetky body pomocnej meračskej siete bolo nutné stabilizovať a signalizovať. Väčšina pomocných bodov bola stabilizovaná meračskými klincami do asfaltu, betónu, alebo do škár medzi dlaždicami. Bod č. 4002 bol stabilizovaný dreveným kolíkom, pretože to nebolo inak možné. Ku každému bodu trvale stabilizovanému meračským klincom bol vyhotovený miestopisný náčrt.

Všetky pomocné meračské body boli signalizované farebným sprejom a dodatočne očíslované sprejom pre lepšiu orientáciu medzi bodmi.



Obr. 15: Stabilizácia a signalizácia bodu pomocnej meračskej siete
[autor]

5.1.2 Určenie polohy a výšky pomocných bodov technológiou GNSS

Meranie technológiou GNSS prebiehalo ihneď po stabilizovaní a signalizovaní meračských bodov. Na každom bode sa meralo metódou RTK. Observácia na každom bode trvala minimálne 5 sekúnd a každé meranie bolo opakované s minimálnym odstupom dvoch hodín z dôvodu nezávislosti všetkých meraní.

Aby bolo možné merania spriemerovať, tak meranie bodu 4001 bolo očíslované 4001.1 a druhé meranie 4001.2.

5.1.3 Určenie polohy a výšky pomocných bodov metódou rajónov

Pomocné body bolo potrebné ešte doplniť o ďalšie pomocné body tam, kde nebola možnosť prístupu GNSS zostavy. Tieto body sa zameriavali počas podrobného merania metódou rajónov. Všetky pomocné body boli volené s rozvahou tak, aby každý bod mal minimálne 2 orientácie aj s dĺžkou. Číslovanie pomocných bodov zameraných metódou rajónov začínalo číslom 4101 pre lepší prehľad.

5.2 Podrobné meranie

Po zhustení meračskej siete nasledovalo podrobné meranie pre získanie dát, potrebných pre tvorbu účelovej mapy.

Podrobné merania boli vykonávané pomocou totálnej stanice Topcon GPT 3003N. Polárnou metódou bolo zameraných približne 3100 podrobných bodov. Všetky namerané údaje sa registrovali do pamäte prístroja. Z každého stanoviska bol zameraný minimálne jeden identický bod, ktorý bol zameraný na nasledujúcom stanovisku z dôvodu kontroly stability stanoviska počas obdobia pre meranie.

Pri každej etape bola v pamäti totálnej stanice vytvorená nová zákazka s dátumom počiatku etapy v názve zákazky, aby bola jednoduchšia orientácia medzi meranými údajmi.

Na každom stanovisku bol prístroj riadne zhorizontovaný a zcentrovaný, boli zavedené fyzikálne korekcie, ako korekcie z teploty a tlaku prostredia, v ktorom bolo meranie vykonávané. Merali a registrovali sa hodnoty šikmých dĺžok, vodorovných uhlov a zenitových uhlov. Pre správne výškové meranie bolo nutné merať výšku prístroja a dôrazného hranolu pomocou dvojmetra a hodnoty registrovať do pamäte.

Všetky orientácie boli merané v dvoch polohách ďalekohľadu a všetky podrobné body v jednej polohe ďalekohľadu. Dĺžky na orientácie boli zmerané obojsmerne a na podrobné body jednosmerne.

Všetky podrobné body sa zakresľovali do meračských náčrtov, ktoré boli priebežne vyhotovované počas merania v teréne. Náčrty boli očíslované a priložené k práci v prílohe č. 5

Predmetom podrobného merania boli

- trávnaté plochy
- budovy a vstupy
- stromy
- rozhrania chodníkov a komunikácií
- rozhrania rôznych kultúr
- nadzemné znaky inžinierskych sietí
- ploty
- prvky výškopisu
- a iné

Prístupné body sa zameriavali na odrazový hranol a všetky neprístupné body boli zamerané metódou bezodrazového merania. Touto metódou boli zamerané všetky budovy na ulici Túmova, aby bolo možné zaznačiť ich priebeh v mape, pretože všetky budovy stoja na súkromných pozemkoch bez prístupu pre širokú verejnosť.

V menej členitom teréne boli podrobné body merané v približnej štvorcovej sieti s odstupom bodov približne 10 – 15 m čo znamenajú 2 – 3 cm na mape v mierke 1 : 500.

Po každom meraní na stanovisku sa znovu vykonala orientácia v dvoch polohách ďalekohľadu na orientačné body tak, ako na počiatku merania, pre kontrolu stability prístroja počas merania.

Po ukončení vlastného merania nasledujú spracovateľské práce v interiéri.



Obr. 18: Podrobné meranie v okolí hvezdárne [autor]

6 SPRACOVATEĽSKÉ PRÁCE

V tejto kapitole si povieme niečo o programoch, postupoch pre výpočet a spracovanie všetkých nameraných a zaznamenaných údajov.

6.1 Trimble Access

Pre výpočet bodov meraných pomocou metódy GNSS bol použitý software integrovaný priamo v zostave. „*Polný softvér Trimble Access je navrhnutý špeciálne pre geodetov na ich každodenné využitie. Zahrňa enormné množstvo meračských postupov, vytyčovanie, kontrolné meranie, výpočty, synchronizáciu pod. V kombinácii s kontrolnými jednotkami Trimble zaručuje rýchle, presné a intuitívne pracovné postupy bez ohľadu na to v akých podmienkach sa nachádzate.*“ [17]

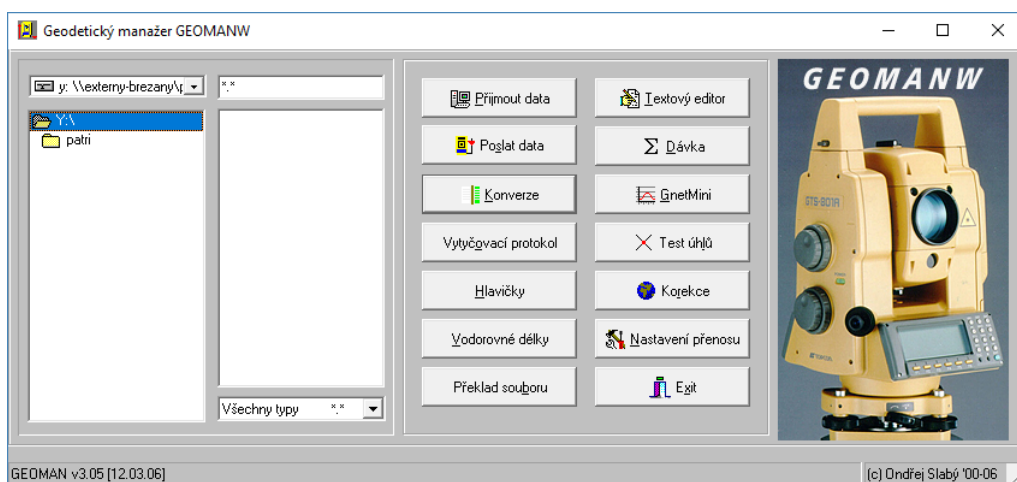
Všetky body merané zostavou GNSS boli po meraní exportované na jednotku USB Flash, softvér automaticky počas exportu vypočítal aritmetický priemer obidvoch meraní a následne ich uložil do textového súboru. Textový súbor sa nachádza v prílohe č. 1



Obr. 21: Interface softvéru Trimble Access [17]

6.2 Geoman

Každý prístroj meria a registruje takzvané surové dáta (Raw Data). Program Geoman slúži ku konverzii a prenosu nameraných surových dát z totálnej stanice do pamäte počítača, alebo prenosného pamäťového média. Všetky namerané zápisníky boli pomocou tohto programu skonvertované na súbor s príponou (.zap), aby bolo možné s nimi ďalej pracovať vo výpočtovom programe Groma 12.



Obr. 24: Hlavné menu programu Geoman [autor]

6.3 Groma 12

Pred samotným importovaním zápisníkov do programu Groma 12 bolo nutné nastaviť korekcie z kartografického zobrazenia a z nadmorskej výšky. Táto funkcia je v programe pomenovaná ako „Křovák“. Z celého územia sa vypočítala priemerná súradnica, pomocou tejto súradnice sa vypočítal mierkový koeficient, ktorý sa nasledovne nastavil ako východiskový koeficient pre import všetkých zápisníkov.

Pred výpočtom sa založil nový zoznam súradníc, do ktorého sa vložili všetky známe súradnice z GPS merania a súradnice bodov zaistených pri rekognoskácii bodového poľa. Tieto súradnice slúžia na výpočet všetkých podrobných bodov. Následne bol vykonaný import všetky zápisníkov z podrobného merania. Zápisníky sa opravili o dve polohy.

Následne sme mohli začať počítať podrobné body. Podrobné body boli spočítané pomocou funkcie „Polárna metóda dávkou“. Pri kontrole všetkých identických bodov bol ponechaný aritmetický priemer súradníc.

Jeden podrobný bod, ktorý bol zameraný pásmom bol vypočítaný tiež v programe Groma 12 a to pomocou funkcie „Konstrukční oměrné“.

Výsledkom výpočtov sú protokoly z výpočtov, ktoré sú priložené v prílohe č. 3

The screenshot displays the GROMA v.12.0 software interface. It features a menu bar at the top with options like 'Soubor', 'Datažné', 'Editace', 'Souřadnice', 'Výpočty', 'Náhledy', 'Okno', and 'Nápověda'. Below the menu are several toolbars for navigation and editing. The main workspace contains several overlapping data tables. The most prominent table has columns for 'Přesl. číslo', 'Y', 'X', 'Z', and 'Typ'. It lists numerous data points with their respective coordinates. Other smaller windows and panels are visible in the background, showing additional data and settings. The interface is typical of a technical or scientific data processing application from the early 2000s.

Obr. 27: Ukážka programu Groma 12 [autor]

7 TESTOVANIE PRESNOSTI

Presnosť výsledkov tvorby a údržby mapy sa overuje:

- a) v priebehu tvorby a údržby mapy (pri priebežných kontrolách)
- b) pri dokončení tvorby alebo údržby mapy (pri záverečných kontrolách)

Overuje sa, či dosiahnuté výsledky vyhovujú daným kritériám presnosti stanovenej triedy presnosti.[20]

V našom prípade bola vykonaná kontrola pri dokončovaní tvorby mapy a po zbere všetkých dát v teréne.

Dosiahnutá presnosť sa overuje testovaním výsledkov vo výbere podrobných bodov z územia, v ktorom sa realizuje tvorba alebo údržba mapy v jednej triede presnosti. Testuje sa štatistická hypotéza, že výber prislúcha stanovenej triede presnosti.

Podrobné body sa pre overenie presnosti vyberú tak, že:

- a) sú jednoznačne identifikovateľné;
- b) tvoria reprezentatívny výber;
- c) sú rozmiestnené po celom území;
- d) nezahŕňujú body, umiestnené v bezprostrednej blízkosti bodov bodového poľa, ktoré boli použité pri tvorbe alebo údržbe mapy.

Rozsah reprezentatívneho výberu podľa b) sa stanoví počtom najmenej 100 bodov (pri súradniciach a výškach), alebo najmenej 100 dvojíc bodov (pri dĺžkach ich spojnic).[20]

Pri testovaní presnosti mapy sa dbalo na to aby všetky podmienky boli splnené, body sú rozmiestnené po celom mapovanom území a počet testovaných bodov je 106. Testované body sa merali z nových stanovísk, ktoré boli zameriavané metódou GNSS aby bolo testovanie nezávislé. Testovanie sa vykonávalo podľa kritérií 3. triedy presnosti a pri testovaní výšok sa volila výberová smerodajná výšková odchýlka pre body na spevnenom povrchu.

7.1 Testovanie presnosti polohových súradníc

K otestovaniu presnosti súradníc X, Y podrobných bodov sa vypočítajú pre body výberu rozdiely súradníc (8.1) a (8.2). [20]

$$\Delta X = X_m - X_k \quad (8.1)$$

$$\Delta Y = Y_m - Y_k \quad (8.2)$$

Kde X_m, Y_m sú výsledné súradnice podrobného bodu polohopisu a X_k, Y_k sú súradnice toho istého bodu z kontrolného určenia. [20]

Dosiahnutie stanovenej presnosti sa testuje pomocou výberovej smerodajnej súradnicovej odchýlky s_{XY} , vypočítanej ako kvadratický priemer smerodajných odchýlok súradníc s_X a s_Y , ktoré sa určia vo výbere o rozsahu N bodov zo vzťahov (8.3). [20]

$$s_X = \sqrt{\frac{1}{k * N} \sum_{j=1}^N \Delta X_{j=1}^N}; \quad s_Y = \sqrt{\frac{1}{k * N} \sum_{j=1}^N \Delta Y_{j=1}^N} \quad (8.3)$$

Hodnotu koeficientu k volíme 2 pretože má kontrolné určenie rovnakú presnosť ako metóda merania polohopisu.

Presnosť určenia súradníc sa pokladá za vyhovujúcu, keď:

- polohové odchýlky Δp vypočítame zo vzťahu (8.3) vyhovujú kritériu (8.4)
- je prijatá štatistická hypotéza, že výber prislúcha stanovenej triede presnosti, tj. výberová smerodajná súradnicová odchýlka s_{XY} , vypočítaná zo vzťahu (8.5) vyhovuje kritériu (8.6) [20]

$$\Delta p = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (8.3)$$

$$|\Delta p| \leq 1,7 * u_{XY} \quad (8.4)$$

$$s_{XY} = \sqrt{\frac{1}{2} * s_X^2 + s_Y^2}, \quad (8.5)$$

$$s_{XY} \leq \omega_{2N} * u_{XY} \quad (8.6)$$

Koeficient ω_{2N} má pri voľbe hladiny významnosti $\alpha = 5\%$ hodnotu $\omega_{2N} = 1,1$ pre výber o rozsahu N od 100 do 300 bodov a hodnotu $\omega_{2N} = 1,0$ pre výber väčší ako 300 bodov. [20] Hodnota u_{XY} je pre 3. triedu presnosti 0,14m. Výsledok testovania polohovej presnosti môžete vidieť v tabuľke č. 3. [20]

| Podmienka $ \Delta p \leq \Delta p_{(mez)}$: | |
|--|---------------|
| vyhovuje pre: | 109/109 bodov |
| nevyhovuje pre: | 0/109 bodov |

Tabuľka 4: Výsledok testovania polohovej presnosti mapy

7.2 Testovanie presnosti výšok

K testovaniu presnosti výšok podrobných bodov sa pre body výberu vypočítajú rozdiely výšok (8.7),

$$\Delta H = H_m - H_k \quad (8.7)$$

kde H_m je výška podrobného bodu výškopisu a H_k je výška toho istého bodu z kontrolného určenia. [20]

Dosiahnutie stanovenej presnosti sa testuje pomocou výberovej smerodajnej výškovej odchýlky s_H , vypočítanej zo vzťahu (8.8). [20]

$$s_H = \sqrt{\frac{1}{k * N} \sum_{j=1}^N \Delta H_j^2} \quad (8.8)$$

Hodnotu koeficientu k volíme 2, pretože má kontrolné určenie rovnakú presnosť ako metóda merania výškopisu.

Presnosť určenia výšok sa pokladá za vyhovujúcu, keď:

- a) hodnoty rozdielov výšok ΔH , vypočítaných podľa rovnice (8.7), vyhovujú kritériu (8.9)
- b) je prijatá štatistická hypotéza, že výber prislúcha stanovenej triede presnosti, tj. výberová smerodajná výšková odchýlka s_H , vypočítaná z rovnice (8.8), vyhovuje kritériu (8.10) pre spevnený povrch. [20]

$$|\Delta H| \leq 2u_H * \sqrt{k} \quad (8.9)$$

$$s_H \leq \omega_N * u_H \quad (8.10)$$

Výsledok testovania výškovej presnosti môžete vidieť v tabuľke č. 4

| Podmienka $ \Delta H _{(mez)} \leq 2 * u_H * \sqrt{k}$: | | |
|--|---------|-------|
| vyhovuje pre: | 109/109 | bodov |
| nevyhovuje pre: | 0/109 | bodov |

Tabuľka 7: Výsledok testovania výškovej presnosti mapy

8 GRAFICKÉ PRÁCE

V tejto téme sa budeme venovať grafickému spracovávaniu finálnej podoby mapy a ostatných grafických príloh. Na tvorbu grafických príloh bol použitý softvér Bentley MicroStation PowerDraft V8i so študentskou licenciou. Grafické prílohy boli:

- mapa v mierke 1 : 500
- prehľad bodového poľa v mierke 1 : 1500
- prehľad kladu náčrtov v mierke 1 : 1500
- geodetické údaje bodového poľa

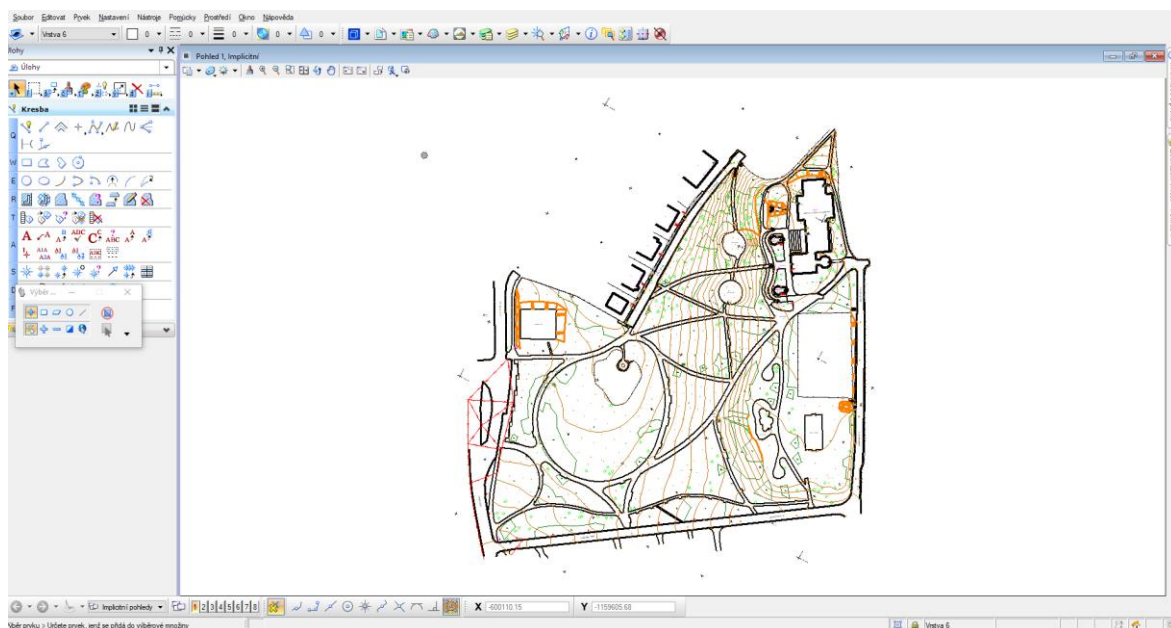
8.1 Tvorba účelovej mapy

Po výpočte všetkých podrobných bodov bol exportovaný zoznam súradníc do textového súboru s príponou „.txt“. Bol založený nový výkres v programe Bentley MicroStation PowerDraft V8i, do ktorého sa pomocou nadstavby programu Groma 12 nastavili všetky potrebné atribúty pre import bodov, a načítali sa všetky podrobné body z textového súboru.

Ďalej bol založený nový výkres, do ktorého bol referenčne pripojený výkres s nahratými bodmi. V tomto výkrese sa podľa meračských náčrtov vytvorila účelová mapa zadanej lokality.

Účelová mapa bola vytvorená v súradnicovom systéme S-JTSK a výškovom systéme Bpv. Všetky prvky mapy boli kreslené podľa atribútovej tabuľky, ktorá bola prevzatá od vedúceho bakalárskej práce Ing. Petra Kalvodu Ph.D., ktorú sme už skôr používali v predmete Mapovanie I. Tabuľka bola poupravená, aby bola mapa prehľadnejšia, hrúbka čiar pre chodníky sa navýšila o 1 úroveň a hrúbka čiar hlavnej komunikácie sa navýšila na úroveň 2. Mapové značky ako napríklad stromy, lampy, nadzemné znaky inžinierskych sietí atď. a rôzne štýly čiar ako napríklad zábradlia, ploty, dažďová kanalizácia a iné, boli vkladané pomocou knižnice buniek a čiar v súlade s normou ČSN 01 3411.

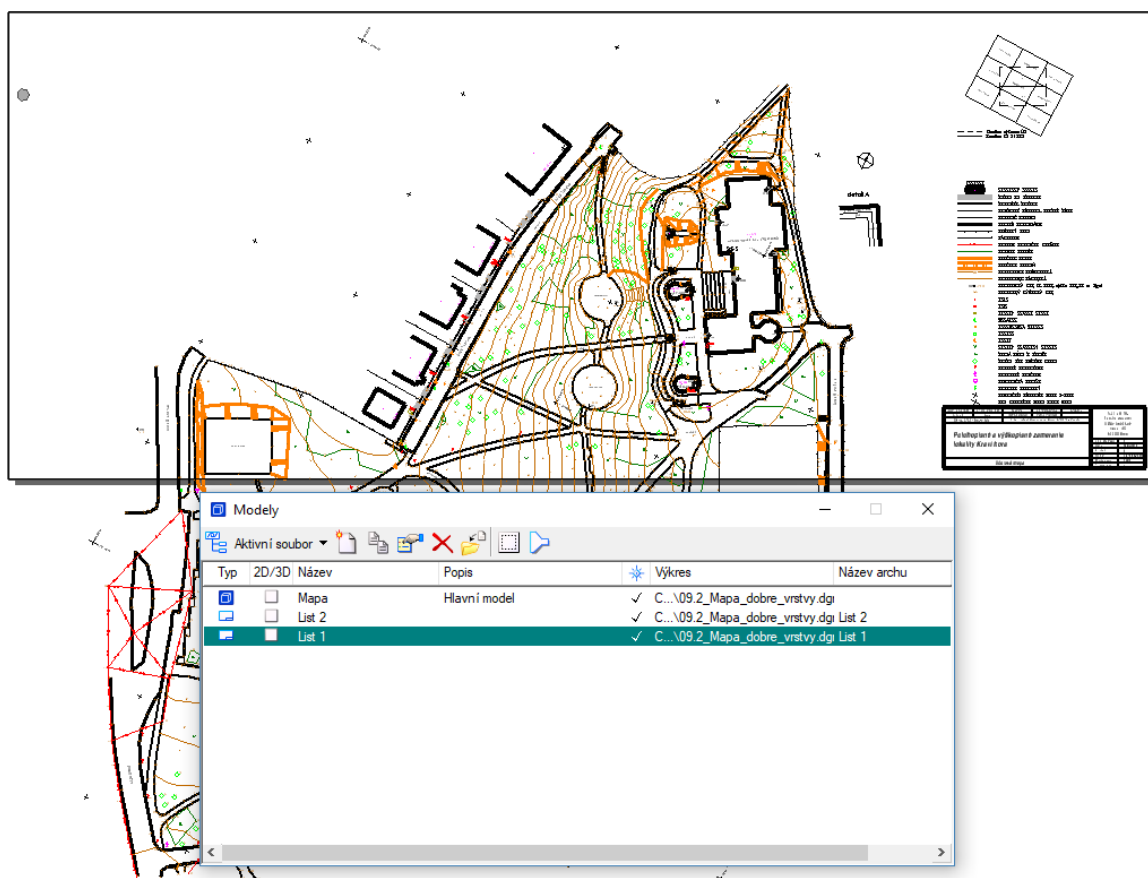
Po vykreslení mapy sa práca presunula do nadstavby programu s názvom MGEO, v ktorom sa vykreslili kríže pravouhlej súradnicovej siete, kríže rohov mapových listov, doplnili sa technické šrafy a vytvoril sa náčrt zobrazenia mapových listov, ktorý je umiestnený v pravom hornom rohu. Potom sa vygenerovala popisná tabuľka, smerová ružica orientovaná na sever a legenda, v ktorej sú zobrazené všetky použité druhy čiar a mapových značiek.



Obr. 29: Ukážka grafického programu MicroStation PowerDraft V8i [autor]

Nasledovala činnosť spojená s kreslením vrstevníc. Keďže vieme, že vrstevnica je spojnica bodov o rovnakej, účelne zaokrúhlenej nadmorskej výške, museli sme všetky podrobné body interpolovať. Interpolácia sa vykonávala v programe Kokeš. V tomto programe bol založený nový zoznam súradníc, do ktorého boli importované všetky podrobné body. Potom boli body interpolované pomocou funkcie interpolácia vrstevníc. Krok interpolácie podrobných bodov bol zvolený na 1 meter. Interpolované body o zaokrúhlených výškach sa importovali do nového výkresu „.dgn“ a pripojili sa referenčne do mapy, kde sa spájali vrstevnice.

Na koniec sa vytvorili mapové modely, ktoré boli nazvané „List 1“ a „List 2“, v ktorých sa nastavil rozmer mapových listov pre tlač a nastavila sa súradnica rohu modelu, pre umiestnenie modelu do mapy. Do modelu sa vložila popisná tabuľka, legenda, severka a náčrt kladu mapových listov. To zaistilo, že v hlavnom modeli mapy bola len samotná mapa a všetky ostatné náležitosti výkresu sa nachádzali v daných modeloch pre tlač. Následne sa do modelu referenčne pripojila účelová mapa. Po zapnutí funkcie tlač sa muselo vytvoriť nové nastavenie rozmeru mapového listu pre tlač a mapa sa vytlačila do súboru PDF.



Obr. 30: Ukážka tvorby modelov pre tlač v programe MicroStation PowerDraft V8i [autor]

ZÁVER

V tejto bakalárskej práci bolo cieľom vyhotoviť účelovú mapu v mierke 1 : 500, v súradnicovom systéme S-JTSK a výškovom systéme Bpv. Práce zberu dát pre vyhotovenie mapy započali začiatkom októbra 2016. Počas týchto prác sa meračské bodové pole zhustilo o celkový počet 32 bodov, z toho 19 metódou GNSS a 13 metódou rajónov. Nameraných bolo približne 3100 podrobných bodov pomocou polárnej metódy a dva body pomocou konštrukčných omerných mier, pričom boli všetky body zakresľované do meračských náčrtov. Po podrobnom meraní bolo znovu zameraných 106 identických bodov pre porovnanie presnosti súradníc a výšok. Po dokončení všetkých meračských prác boli vykonané výpočtové metódy v programe Groma 12. Následne bola vyhotovená účelová mapa v programe Bentley MicroStation PowerDraft V8i.

Zadaný cieľ sa podarilo splniť, všetky testované body splňujú podmienky testovania podľa normy ČSN 01 3140 a všetky náležitosti práce sú priložené v prílohách tejto bakalárskej práce.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] ČÚZK. In: *Cuzk.cz* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>
- [2] BAAROVÁ, Zuzana. Nejstarší osídlení Kraví hory a okolí. In: *Kraví hora* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: http://kravihora.hvezdarna.cz/index.php?sekce=nejstarsi_osidleni
- [3] DUŠEK, Jiří. Kraví hora v čase. In: *Kraví hora* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: http://kravihora.hvezdarna.cz/index.php?sekce=v_case
- [4] DUŠEK, Jiří. Kraví hora a hvězdy. In: *Kraví hora* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://kravihora.hvezdarna.cz/index.php?sekce=hvezdy>
- [5] Foto: Hvězdárna a planetárium Brno
- [6] HUML, Milan a Jaroslav MICHAL. *Mapování 10*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-010-3166-7.
- [7] ČSN 01 3411: *Mapy velkých měřítek - Kreslení a značky*. Praha: Český normalizační institut, 1991.
- [8] Učebnica Geodézia 2. In: *Stredná odborná škola geodetická: Vazovova 14* [online]. Bratislava [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: http://www.sgs.edu.sk/HTML/geodezia2_1.htm
- [9] FIŠER, Z., VONDRÁK, J.: *Mapování I*. VUT, CERM s. r. o. Brno 2005
- [10] STANĚK, Vlastimil, Gabriela HOSTINOVÁ a Alojz KOPÁČIK. *Geodézia v stavebníctve*. 2. vydanie. Bratislava: Jaga group, 2007. ISBN 8080760489.
- [11] GPS Surveying. In: *UNSW Australia* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.sage.unsw.edu.au/currentstudents/ug/projects/Allison/INTRODUCTIO N.htm>
- [12] RATIBORSKÝ, Jan. 2. vyd. ISBN 978-800-1033-326.
- [13] RATIBORSKÝ, Jan. *Geodézie 20*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-010-2635-3.
- [14] BITTERER, Ladislav. Katastrálne mapovanie: Meranie, zobrazovanie a vytyčovanie na účely katastra nehnuteľností. In: *SVF UNIZA* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://svf.uniza.sk/kgd/skripta/KatMap/>
- [15] Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí. *VUGTK* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník/>
- [16] GOOGLE. *Google Earth* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://earth.google.com/web/>
- [17] *GEOTRONICS Praha, s.r.o.* [online]. In: . [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: http://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/DS_R4_CZ_GTR.pdf

- [18] *Meračské prístroje Plutongeo* [online]. In: . [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://plutongeo.ru/katalog/gps-gnss-priemniki/trimble-r4>
- [19] *Geodetické centrum s.r.o.* [online]. In: . [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: https://www.geoserver.cz/zbozi_files/965/totalni-stanice-topcon-GPT3000LN.pdf
- [20] *ČSN 01 3410: Mapy velkých měřítek - Základní a účelové mapy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

ZOZNAM OBRÁZKOV A TABULIEK

| | |
|--|----|
| Obr. 1: Zadaná lokalita zvýraznená na podklade Základnej mapy ČR | 11 |
| Obr. 2: Kraví hora okolo roku 1962 | 12 |
| Obr. 3: Hvezdáreň okolo roku 1953, | 13 |
| Obr. 4: Podoba hvezdárne od počiatku šesťdesiatych rokov 20. storočia, | 14 |
| Obr. 5: Podoba hvezdárne v súčasnosti, | 15 |
| Obr. 6: Znázornenie vrstevníc, | 20 |
| Obr. 7: Výškové kóty..... | 20 |
| Obr. 8: Technické šrafy | 21 |
| Obr. 9: Princíp metódy RTK..... | 23 |
| Obr. 10: Konštrukčné omerné miery | 25 |
| Obr. 11: 3D snímok danej lokality..... | 27 |
| Obr. 12: GNSS aparátúra Trimble R4-3 | 29 |
| Obr. 13: Totálna stanica Topcon GPT 3003N | 30 |
| Obr. 14: Odrazový hranol Topcon..... | 31 |
| Obr. 15: Stabilizácia a signalizácia bodu pomocnej meračskej siete | 33 |
| Obr. 16: Podrobné meranie v okolí hvezdárne | 36 |
| Obr. 17: Interface softvéru Trimble Access..... | 37 |
| Obr. 18: Hlavné menu programu Geoman..... | 38 |
| Obr. 19: Ukážka programu Groma 12 | 39 |
| Obr. 20: Ukážka grafického programu MicroStation PowerDraft V8i | 45 |
| Obr. 21: Ukážka tvorby modelov pre tlač v programe MicroStation PowerDraft V8i | 46 |
| Tabuľka 1: Parametre udávané výrobcom | 29 |
| Tabuľka 2: Parametre udávané výrobcom | 30 |
| Tabuľka 3: Výsledok testovania polohovej presnosti mapy | 42 |
| Tabuľka 4: Výsledok testovania výškovej presnosti mapy | 43 |

ZOZNAM SKRATIEK

| | |
|--------|--|
| S-JTSK | Súradnicový systém jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej |
| Bpv | Balt po vyrovnání |
| GNSS | Global Navigation Satellite System (Globálny Navigačný Satelitný Systém) |
| RTK | Real Time Kinematic |
| GPS | Global Positioning System (Globálny Navigačný Systém) |
| ČSN | Česká státní norma |
| WGS 84 | World Geodetic System 1984 (Svetový Geodetický Systém 1984) |

ZOZNAM PRÍLOH

| | |
|---------------------|--|
| 01_GNSS | 01.1_Protokol (digitálna forma) |
| | 01.2_Protokol (digitálna forma) |
| 02_Zápisníky | 02.1_Zápisník (digitálna forma) |
| | 02.2_Zápisník (digitálna forma) |
| | 02.3_Zápisník (digitálna forma) |
| | 02.4_Zápisník (digitálna forma) |
| | 02.5_Zápisník (digitálna forma) |
| | 02.6_Zápisník (digitálna forma) |
| | 02.7_Zápisník (digitálna forma) |
| | 02.8_Zápisník (digitálna forma) |
| 03_Protokoly | 03.1_Import_zápisníkov (digitálna forma) |
| | 03.2_Spracovanie_zápisníku_2polohy (digitálna forma) |
| | 03.3_PB_polárna_metóda (digitálna forma) |
| | 03.4_PB_konstrukčné_omerné (digitálna forma) |
| 04_Zoznamy súradníc | 04.1_YXZ_bodové_pole (digitálna forma) |
| | 04.2_YXZ_podrobné_body (digitálna forma) |
| 05_Meračské náčrty | 05.1_Meračské náčrty (digitálna forma) |
| 06_Prehľadné náčrty | 06.1_BP_PMS (digitálna a analógová forma) |
| | 06.2_Prehľad_kladu_náčrtov (digitálna forma) |

| | |
|-------------------------|--|
| 07_Geodetické_údaje | 07.1_GU_4001_4003_4004 (digitálna a analógová forma) |
| | 07.2_GU_4006_4007_4010 (digitálna a analógová forma) |
| | 07.3_GU_4011_4012_4013 (digitálna a analógová forma) |
| | 07.4_GU_4014_4016_4018 (digitálna a analógová forma) |
| | 07.5_GU_503 (digitálna a analógová forma) |
| | 07.6_GU_2160_2161_2162 (digitálna a analógová forma) |
| 08_Testovanie_presnosti | 08.1_Overenie_YX (digitálna a analógová forma) |
| | 08.2_Overenie_H (digitálna a analógová forma) |
| 09_Mapá | 09.1_Mapá (digitálna a analógová forma) |
| | 09.2_Body (digitálna forma) |
| | 09.3_Attribúty (digitálna forma) |